

## 木口面画像を用いた針葉樹材のシミュレーション

佐々木 尚孝

岐阜県工業技術センター

木製品のデザイン支援に用いるために開発した、リアルな木目模様の生成方法について報告する。まず、従来技術の問題点と産業デザインに必要な木質感表現の課題について述べる。そして、その課題を満足させるものとして、木口面画像に基づく木材質のシミュレーション方法を提案する。この方法は、樹種、成長方向、空間位置、年輪幅、縮み率を制御することができる基準となる面で決定される仮想の木を、コンピュータ内部空間に生成して行うものである。この方法を用いた結果、針葉樹材から任意の位置で木取りされた物体を表現することができた。事例として、檜材によって作られた物体の表示例を示す。

### SIMULATION OF CONIFEROUS WOOD USING CROSS SECTION IMAGES

Hisanori SASAKI

Gifu Prefectural Industrial Research Technical Center

Kitaoyobi, Kasamatsu-cho, Hajima-Gun, Gifuken 501-61, Japan

This paper reports a method of generating realistic grain textures of coniferous wood for computer aided product design. First of all, problems of common methods of texture generation and subjects of rendering realistic wood in product design are described. And the method of simulating wood using cross section images is proposed. This simulation is operated through a virtual tree which is controlled by a base plane which is able to set such data as a kind of tree, a direction of growth, a position of space, a width of annual ring, a ratio of taper. Using this method, users can get arbitrary expressions of grain. As a result, instances of rendering wood objects made of Japanese cypress are shown.

## 1. はじめに

コンピュータグラフィックス（CG）の表示技術が発達し、リアルな3次元物体の表示が可能となって来た。しかし、現実的に見えるだけで、産業デザイン分野で必要なレベルに達していない部分が多く存在する。CGが、ポスターや商業フィルムなどのグラフィックデザイン分野への利用として発展し、現実性よりも新しい表現を求める方向に向かったためか、リアリティはそれほど追求されなかった。本物らしく描けても、そこは、実世界の素材や色などとは関係を持たない「絵空事」の世界なのである。一方産業デザイン分野では、実際の物との関係付けがCG技術に求められる必須条件となっている。

当センターでは、産業デザインへの利用を目標に、実物との関係付けができる材質感表現に取り組んで来た。そのひとつに木材質の表現がある。

木材質の表示技術としては、テクスチャ・マッピング<sup>1)</sup> (Texture Mapping)とソリッド・テクスチャリング<sup>2)</sup> (Solid Texturing) が知られている。しかし後述するように、前者は形状によって現実感を欠く表示となったり、後者は樹種が特定できないという難点があった。産業デザインでは、表示した木製品の木目が違和感なく表示され、木の種類がわかることが重要である。そこで、両技法の良い箇所を組合せ、産業デザインでの要求レベルを満足する木材質感の表現技術を開発した。

以下に、現状の課題と、その回答として得られた技術内容を説明し、表示例を紹介する。

## 2. 従来技術と産業デザインに必要な表現技術

木材質感表現ができる従来技術の問題点と、産業デザインで要求される表現レベルについて以下に述べる。

### 2. 1 テクスチャ・マッピング

テクスチャ・マッピングでの木材質感は、スキヤナーなどで木目の模様を取り込み、その模様を物体の表面に張り付けることによって表現される。木を削って薄くした板（突板）を張り付けるシミ

ュレーションに非常に有効な技法であり、テーブルトップや箱物家具など突板が張られた製品の表示に用いられている。ところが、テーブルの脚や玩具など木の塊状のものを表現しようとするとき木目模様には違和感が起きる。この原因は、図1に示すように、本来平面の木目を3次元の面にむりやり張り付けているからに他ならない。図1(1)の球の場合、突板という二次元のデータをちょうど地球儀に地図を貼るような方法で表現されるため、丸く削られた木とは似ても似つかない物体になってしまう。

この技法でのもうひとつ重大な問題は、面と面のつながりである。図1(2)の木製の立方体を考えると、上面と側面は異なった模様が見えるはずである。正しく表示するためには、少なくとも見える三つの面へ張り付けるデータを準備する必要がある。各面の模様が違和感なくつながらなければならない。また、腕や鉢など木を削って作られるロクロ成形品の表現にも適さない。模様を張り付けに用いる座標変換形式が形状によって異なるため、削った木材の表現はできないといえる。

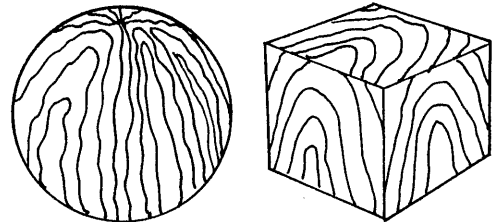


図1(1)球の例

図1(2)立方体の例

図1 テクスチャ・マッピング例

### 2. 2 ソリッド・テクスチャリング

削った木が表現できる方法として、ソリッド・テクスチャリングが報告されている。これは、関数を用いて三次元空間に直接描く方法である。石や木などの不均質であったり連続した模様の素材も、ふさわしい関数を用いることにより表現できる。木材質表現では、同心円を正射影関数により計算する例<sup>2)</sup>や3次元ゆらぎ関数を用いた木目生

成方法<sup>3)</sup>などがある。

これら方法は、描かれる無限の空間内に形状が存在すればよいと、形状固有の座標系や個々のマッピング専用座標系との関係付けも必要なく、張り付ける前の処理や座標変換の手間がかからない。しかし、使用者が望む木目を出すことは困難であり、関数のため樹種を特定できないという問題がある。グラフィックデザインなど、木らしく見えれば樹種を問わない分野では、有効な技術であるといえる。

### 2. 3 産業デザインで求める木材質表現

産業デザインでは、製品の出来上がり状態を予測し、十分な検討を加えることが重要である。そのため、スケッチ、レンダリング、モデル製作などの技法を駆使して外観や機能の確認・検討を行っている。コンピュータによるシミュレーションは、これらのデザイン作業における外観制作・検討作業に替わる手段として利用され始めている。しかし、既存のCGやCADシステムは、デザイナーが満足するレベルにはまだ達していない。

現在求められている点を木材質の表現方法と品質について整理すると、以下の課題となる。

- (1) 木材を扱う専門家が、何の木かわかるくらい正確な表示ができること。
- (2) 木を削り出した物体も突板張りの物と同様に違和感のない木目で表現できること。
- (3) 木材の削りだし位置や方向が、任意に設定できること。
- (4) 着色・塗装・仕上げなど表面状態もシミュレートできること。
- (5) 使用者が、複雑なパラメータの設定や使用する画像データを形状に合わせて加工するなどの、面倒な前段階処理がいらぬこと。

### 3. 木口面画像による木材質表現方法

産業デザインで求められる木材質表現のレベルを達成するために開発した方法について、表現方法の考え方、指定の方法、制約条件などについて述べる。

#### 3. 1 木口面画像による木材質表現の考え方

前述の課題を満足させるためには、木材をコンピュータ内部につくることが必要であり、三次元木目模様を生成しなければならない。加えて、樹種がわかるためには、本物の木を完全にモデル化するか、データを取り込むことが不可欠である。樹種別のモデル化や、木の3次元データの収集が困難であり、3次元データが得られたとしても膨大な記憶容量が必要となる。そこで、テクスチャ・マッピングが木目模様を使うように、木の年輪データ（木口面）をデジタル化した画像として取り込んで用いることにした。

木口面の画像を基に、根元から先端に向かって細くなる割合（縮み率）が指定できる仮想の木（仮想木）を、コンピュータ内部の空間の任意の位置に創ることを考えたのである。

#### 3. 2 描かれる空間と仮想木

物体は、図2のように、世界座標系の中に置かれている。この物体に望みの木材位置で削られた木目模様を付けるためには、仮想木を想定し、実際同様にその木を削って木目を得る必要がある。そこで、世界座標系の空間に基準となる平面（基準面）を指定し、回転角度により木口面の向きと回転角を、移動位置により木の中心からの距離を与えることにより、仮想木の空間を創った。基準面の方線方向が、木の伸びる軸方向であり、細くなって行く方向となる。

図2は、仮想木の空間を木材固有の座標系（仮想木座標系）として示したものである。無指定状態では、この座標系は世界座標系と原点も軸も一致している。基準面（移動位置が指定されている場合はその位置）を原点として、面上に $s_x-s_z$ 面があり、方線方向に $s_y$ 軸がある。なお、この座標系は、縮み率に従って $s_y$ 軸の正方向へ向かって $s_x-s_z$ 平面が縮み、負の方向へは広がる空間である。この空間内に任意の寸法値（木材の太さ）で木がつくられ、木の内部に物体が位置する限り連続した木目が得られることになる。

実際の表示例は、図4に示す。

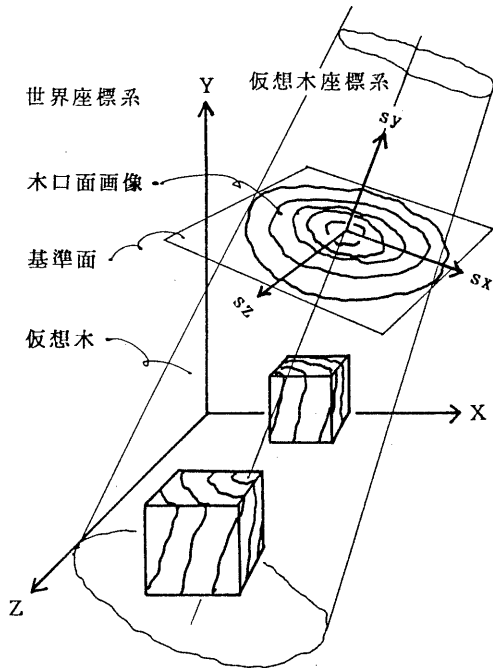


図2 仮想木座標系と基準面

### 3. 3 使用画像データと仮想木の関係

ソリッド・テクスチャとして使用する画像は、実物の木口面かその写真をスキャナー等により取り込み、RGB各8ビットのデジタルデータとして保存したものである。実際に使う画像データは他の処理に必要なマスクなどに準備した8ビットを加え、読み取り1画素につき4バイトで扱っている。このデータをテクスチャ・マッピングと同様に2次元のテーブルデータとして持ち、仮想木内の物体が視線との交点を持つ場合に仮想木座標系から参照して利用される。

実寸法との関係付けのためには、ヘッダーファイルなどにより、読み取り画像の実サイズ (mm) と画像サイズ (ドット) を保存することが必要である。これらの数値があれば、物体の寸法単位との関係付けは簡単に行える。いま、物体座標系・世界座標系・仮想木座標系が同じ単位であれば、画像の実サイズが仮想木のサイズとなり、物体には実際に削られた木材と同じ大きさに見える木目が現れる。

### 3. 4 木取り・表面仕上げ・塗装色

基準面は、木材質表現のうち主として木取りに関係する以下の項目を決めるものとした。

- 樹種 (樹種データファイル名)
- 縮み率 (年輪の直径差/木材長さ)
- 年輪間隔 (木口面画像のスケール値)
- 仮想木の向き (世界座標系での回転角)
- 仮想木の位置 (世界座標系での移動位置)

これら基準面のデータを操作すれば、次のような木製品の木取り方法がシミュレートできる。

- 一本の木から複数の部品を削り出す場合
- 部品ごとに削り出す部位や樹種が異なる場合

これらの木取りは、基準面を、図3に示すように形状を記述する木構造などの指定位置に入れ、それより下位の木構造の子供となる部分が基準面の影響を受けるようにすることで達成される。別部品や別物体であっても、基準面の設定が同じならば同じ木から削り出されたものとなる。

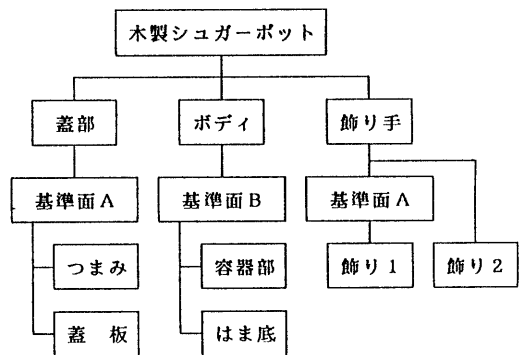


図3 形状構成と基準面の関係例

基準面によって樹種と木取り位置が決まるが、それは白木の状態である。製品としての検討には、仕上げ状態や塗装状態のシミュレーションが必要である。最下位部品毎に表面状態に関する次の項目が設定できる必要がある。

- 塗装する色 (物体の色とテクスチャ強度)
- 仕上げ状態 (陰影付けモデル指定)

これらの数値設定を使用者が行うことは困難なため、事前にデータファイルとして登録し指定す

る方法を用いる必要がある。樹種・縮み率・年輪間隔は材質を示すデータファイルに、塗装色と仕上げ状態は表面処理データファイルとするなど、ファイル名の指定で済むようにすればよい。

当システムでは、材質データファイルにそれら全てのデータを入れるようにしてある。このファイルには、変更を許す属性が指定されている。従って、木の場合には、色と仕上げ状態が自由に変更可能となっている。

### 3. 4 木材質表現の制約

木口面画像を用いたソリッド・テクスチャリングは、簡便なため表現上の制限がある。

- 実物から取り込んだ画像データを用いるため、実寸で行うと画像以上の大きい物体は、仮想木からはみ出し、模様が欠けてしまう。
- 画像を拡大して使うと、データ解像度が表示解像度より小さいと、エイリアスが発生する。
- 節や割れのある木口は、取り込み後修正しないと現実感のある画像が得られない。
- 節のある状態はシミュレートできない。
- 放射状組織や柔組織など複雑な構成の広葉樹には利用できない。

### 4. 木材質表現の表示例

上述の制約があっても、杉や檜などの針葉樹材で作られる無垢板、柱材、ろくろ成形品、集成材及び集成材製品など多くの表現が可能である。また、幅の制限はあっても縮み率の調整によりどんなに長い木目も生成可能である。木口画像を変形して用いれば、さらに予測不能な木目が得られるだろう。これら木目は、プリント模様としての利用が考えられる。以下に、表示例を示す。

図4(1)~(3)は、檜の木口面画像を基にして制作した角材の例である。

図4(1)は、縮み率のない四方柱の例である。

図4(2)は、縮み率が1メートルで1センチ、木取りは、上面が木の軸方向と垂直になるようにした例である。

図4(3)は、縮み率は図4(2)と同じだが、手前上

角から奥の下角方向に生えている仮想木から木取りした例である。

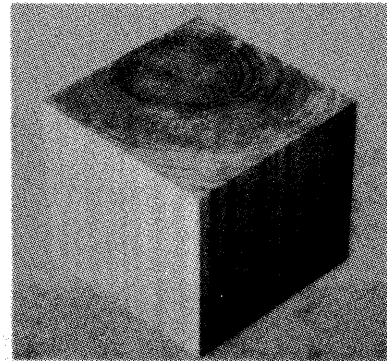


図4(1) 縮み率のない四方柱材表示例

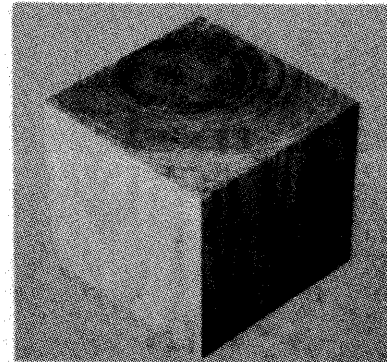


図4(2) 縮み率を設定した板目表示例

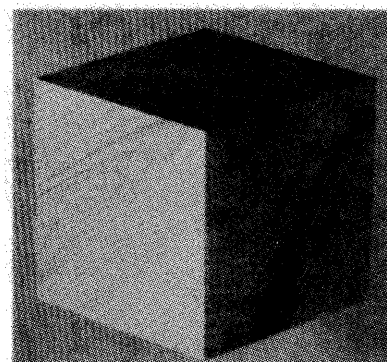


図4(3) 45度角度の仮想木からの木取り例

図4 檜角材の表示例

図5(1)~(3)は、ろくろ成形したサラダボールの例である。図4と同じ木口面画像を用いているが、年輪間隔を実寸より広くしている。

図5(1)は、下から上へ生えた仮想木から木取りして削った例である。

図5(2)は、右から左へ生えた仮想木から削った例である。

図5(3)は、45度の角度で生えた仮想木から削った例である。

これらの表示試験の結果、かなりリアルに表現できることが確かめられた。

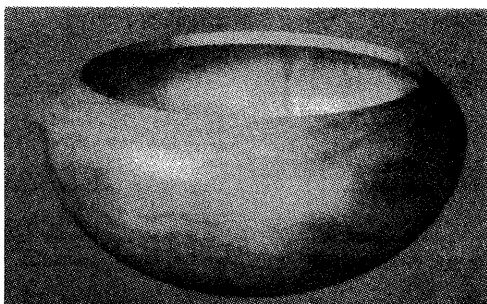


図5(1) 木の方向に垂直に木取りした例

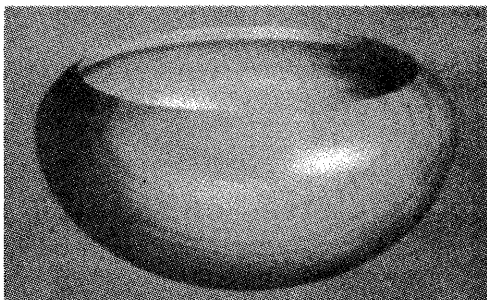


図5(2) 木の方向に平行に木取りした例

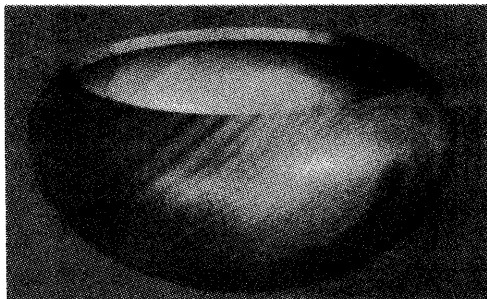


図5(3) 木の方向に45度角度で木取りした例

図5 ろくろ成形したサラダボール表示例

## 5. まとめ

木口面画像を用いて木材質感を得る方法は、産業デザインで求められる前述の課題を、以下に示すようにほぼ満足させるものとなった。

- (1) 木の種類は、実際の木口面を読み込んだ画像を使うため複雑な組織を持たない針葉樹ならばほぼ特定ができる。
- (2) 形状が複雑になっても、仮想木内の空間に位置すれば木目が付くため、表現された画像は、かなり現物に近い。
- (3) 仮想木を基準面によって制御するため、自由な木取りができる。設定もやさしい。
- (4) 塗装色は、物体色と木口面画像の色との混合度合いで決めることができ、仕上げ状態も、陰影付けモデルとその係数の設定で指定できる。
- (5) 使用者は、木取り位置を決めるだけで済むように設定できる。用いる木口面画像や表面状態などは、全て材質データファイルに記述しておけば、望みの材質表現を指定すればよく複雑な数値の設定を避けることができる。

今後の課題としては、実際にどれだけの樹種の特定が可能かという点がある。年輪間隔や塗装・仕上げ状態を変化させた場合も、検討する必要があるだろう。そして、木口面画像だけでは表現できない広葉樹などの表示方法の確立が残る。

### 【参考文献】

- 1) J.F.Blinn, M.E.Newell: "Texture and Reflection in Computer Generated Images", Comm. ACM, V. 19, No.10, 1976
- 2) D.R.Peachey: "Solid Texturing of Complex Surfaces", Computer Graphics, V. 19, No.3, 1985
- 3) 岡田, 横井, 鳥脇, 堀: 3次元ランダム・フラクタルを利用した不均質材料のテクスチャ表現, 情報処理学会論文誌, V. 28, No.11, 1987